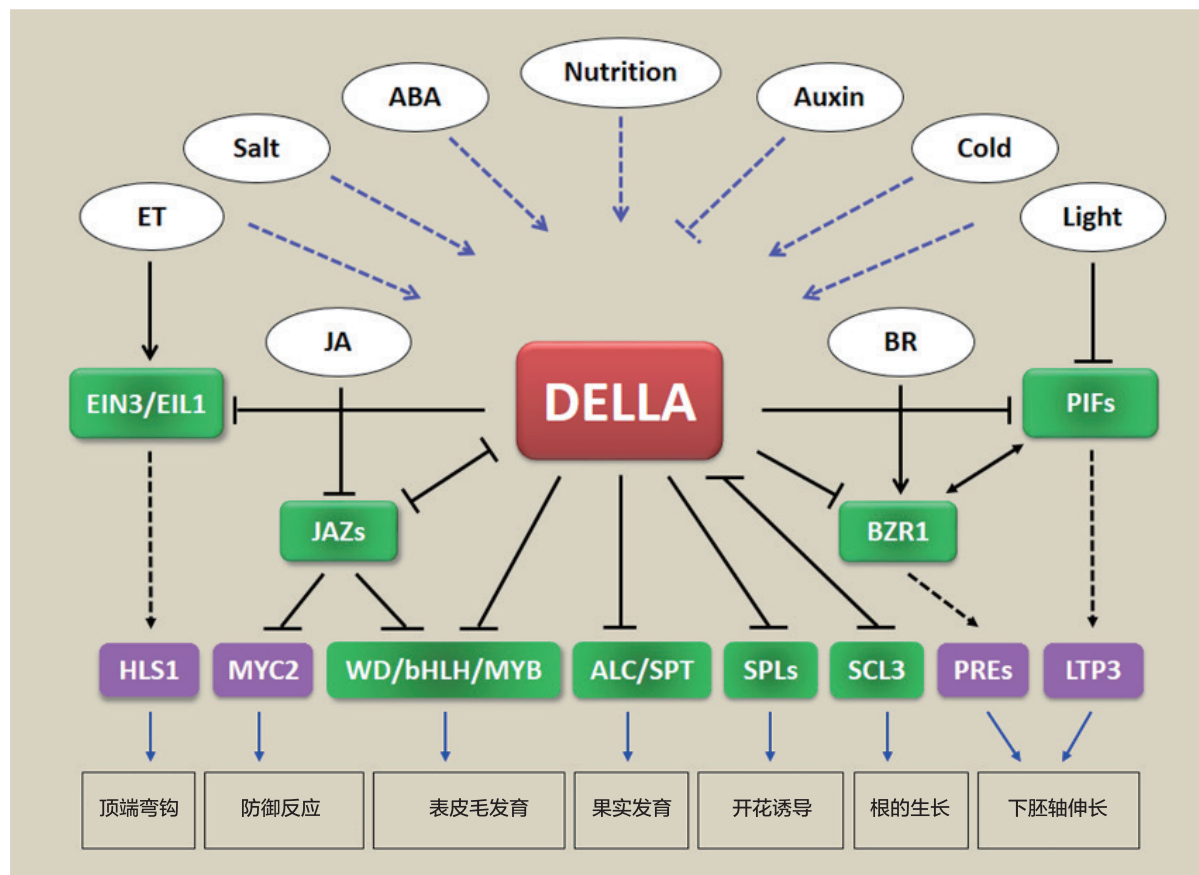


DELTA蛋白是整合多种植物激素信号和环境信号调控植物生长发育的核心作用元件 供图 / 徐昊



神通广大的 DELLA 蛋白

撰文 刘学英

我们知道,携带“绿色革命”基因的农作物因DELLA蛋白高水平积累而获得了半矮且粗壮的优势“身材”;那么,又是什么改变了农作物的“胃口”,让它对氮素营养的“胃口”大减、吸收利用效率降低的呢?既然“绿色革命”的关键控制点是DELLA蛋白,那么,我们的研究还是要从DELLA蛋白出发,追根溯源,慢慢去解开这个一直悬而未决的谜题。

DELLA蛋白属于一个大的蛋白家族——GRAS家族。GRAS家族是植物特有的蛋白家族,分为8个亚家族,是由最先发现的3个成员GAI、RGA和SCARECROW(SCR)命名的。有关GRAS家族的研究很多也很深入,研究表明,GRAS家族蛋白广泛分布于植物中,在植物的组织器官发育、赤霉素及油菜素类固醇等激素信号传导、光信号传导、生物及非生物胁迫等

过程中发挥着重要的作用。

DELLA蛋白是GRAS家族中独有DELLA结构域的亚家族。DELLA蛋白基因在不同植物中高度保守。单子叶植物中一般只含一个DELLA蛋白(如水稻唯一的DELLA蛋白是SLR1蛋白),而双子叶植物中通常含有多个DELLA蛋白(如拟南芥中有5个DELLA蛋白)。目前,科学家已经先后克隆了许多植物的DELLA蛋白基因,包括玉米的*D8*、小麦的*RHT1*(*Rht-A1a*、*Rht-B1a*和*Rht-D1a*)、水稻的*SLR1*、大麦的*SLN1*、葡萄的*VvGAI*、大豆的*GmGAI1a*、番茄的*PROCERA*以及拟南芥的*GAI*(*GA insensitive*)、*RGA*(*repressor of ga1-3*)、*RGL1*(*RGA-Like1*)、*RGL2*和*RGL3*等等。

DELLA蛋白因其N端有DELLA结构域而得名。虽然DELLA蛋白N端的同源性并不高,但是均包含DELLA和TVHYNP基序,这两个基序在拟南芥、水稻和小麦等物种中高度保守。DELLA结构域是识别和结合GID1蛋白的区域,同时也是赤霉素依赖的DELLA蛋白降解所必需的。若DELLA结构域发生突变或缺失,则DELLA蛋白不能与GID1结合,导致赤霉素的信号传导发生阻断。小麦的*Rht1*(*Rht-B1b*)、*Rht2*(*Rht-D1b*)和*Rht3*(*Rht-B1c*)以及玉米的*d8*均导致DELLA结构域发生了突变。

与N端相比,DELLA蛋白的C端较为保守,包含了具有抑制功能的GRAS功能域,该结构域突变则会使DELLA蛋白的抑制作用消失,使植株长得更高更细。例如,大麦突变体*sln1-1*(*slender 1*)和稻突变体*slr1*均因DELLA蛋白的GRAS功能域发生了突变而表现为细高的表型,就像被施加了过量的赤霉素而“疯长”一样,这种突变当然是不能被农作物生产所利用的。

DELLA蛋白定位在细胞核内,可以直接与植物体内的不同信号途径或调控通路中的转录因子或调控蛋白相互作用,激活或抑制下游靶基因的表达,进而不仅在赤霉素信号传导过程中发挥重要的作用,而且还广泛地参与脱落酸、油菜素内酯、茉莉酸、乙烯、生长素等植物激素信号以及光信号、糖信号、非生物胁迫等多种环境信号的调控过程。例如,DELLA蛋白可以与ABA

信号途径的转录因子ABI5、低温响应的转录因子ICE1、植物光暗形态建成的调控因子PIF3和PIF4、茉莉酸途径的关键抑制子JAZ1、细胞分裂素信号途径中重要的转录因子ARR1、油菜素内酯信号途径中的调控因子BZR1、乙烯信号途径的重要元件EIN3、生长素响应因子ARF6、调控植物株高和分枝的转录因子TCP14和TCP15、开花激活子CONSTANS(CO)和抑制因子FLC等转录因子或调控蛋白相互作用进而调控种子萌发、子叶扩张、根的生长、分枝发育、开花、结实等几乎所有的植物生长发育和环境应答过程。

半个多世纪以来,携带“绿色革命”基因的水稻和小麦高产品种对土壤中氮营养的敏感程度减弱,对氮肥的利用效率下降,这些问题一直悬而未决。近几年,我国科学家围绕这一问题开展了一系列的深入研究,并获得了一些新线索和新突破。携带“绿色革命”基因*sd1*的籼稻品种表现出植株生长发育对氮肥的响应减弱;同样,携带“绿色革命”基因*Rht1*的小麦品种的氮肥利用效率也明显下降。进一步分析不同氮浓度培养的水稻、小麦的养分代谢水平,发现DELLA蛋白的高水平积累与农作物的氮肥利用率下降密切相关。

可以说,DELLA蛋白作为赤霉素信号途径的关键组分参与赤霉素对植物生长发育的调控过程,不仅控制“绿色革命”农作物品种的“身材”,而且控制农作物对氮素营养的“胃口”和利用效率。同时,DELLA蛋白是整合多种植物激素信号和环境信号的核心作用元件,几乎参与了植物所有的生长发育和环境应答的过程,可谓是神通广大!

(责编 桑新华)

